Stromversetz... im südlichen Indischen ozean auf grund der ...

Alfred Boofs, Deutsche Seewarte

Referenten:

Professor Dr. **Penck.**

Professor Dr. **Hellmann.**

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N. 24,
Linienstraße 158.

Von den Bewegungserscheinungen der Meeresoberfläche sind es lediglich die Wellen, die der Seefahrer auf offenem Meere als Seegang und Dünung direkt wahrnehmen kann; die Gezeiten haben ihre stärkste Ausbildung an der Küste; an einsamen Inseln mitten im Meere verursachen sie selten Fluthöhen von mehr als einem Meter, und auf hoher See entziehen sie sich ganz und gar der Beobachtung und Messung. Die dritte Bewegungsform des Ozeanwassers, die man mit „Strömung“ bezeichnet, vermag nur unter besonders günstigen Umständen mit Hilfe von Strommessern festgestellt zu werden. Diese beständige Zirkulation des Ozeanwassers, deren Tiefenausdehnung erst in neuerer Zeit eingehendem Studium unterworfen wird, ist aber für den Haushalt der Natur einer der wichtigsten Vorgänge; sie hat ähnliche Aufgaben zu erfüllen wie der Kreislauf des Blutes im tierischen Organismus: sie bewirkt Ausgleich des Salzgehaltes und der Temperaturen, indem sie das kalte Polarwasser den Tropen zuführt und durch diese Erneuerung günstige Lebensbedingungen für die marine Tierwelt schafft; sie trägt Samen und Früchte von Landpflanzen nach anderen Gestaden und unterstützt so die Ausbreitung der Festlandflora und in ähnlicher, wenn auch beschränkterer Weise die der Fauna; sie hat nicht zuletzt auch zur Ausdehnung menschlicher Ansiedelungen, vor allem in der Südsee, beigetragen und eine gewisse Bedeutung für die Erforschung der Erde gehabt. Noch heute ist es für den Seemann wichtig, den Verlauf der Strömungen zu kennen, um sie, vor allem bei der Segelschifffahrt, zur leichteren und schnelleren Fortbewegung benutzen zu können.

Zur direkten Bestimmung von Stromrichtung und -stärke sind verschiedene Instrumente und Apparate konstruiert worden,

die indessen eine praktische Anwendung nur in Küstengewässern und kleineren Meeresteilen oder seltener auf ozeanographischen Forschungsreisen gefunden haben. Man ist auch heute noch zur Feststellung der Oberflächenzirkulation auf die Beobachtungen angewiesen, die als Strom- oder Besteckversetzung in das Schiffsjournal eingetragen werden. Aber trotz der Sorgfalt, die die meisten Schiffsführer auf ihre Tagebücher verwenden, laufen doch gerade bei der Bestimmung der Stromversetzung eine Reihe von Fehlern mit, die in der Schwierigkeit und Unsicherheit der Beobachtungen und in der Unzulänglichkeit der Berechnung liegen. Die Stromversetzung wird auf rechnerischem Wege aus der Entfernung zwischen dem beobachteten oder observierten, astronomisch bestimmten Schiffsort und dem aus dem gesteuerten Kurs und der gemessenen Geschwindigkeit (Fahrt) berechneten Schiffsort (dem gegißten Besteck) gefunden. Zu den wesentlichsten Fehlern gehört die Ungenauigkeit, mit der die zurückgelegte Distanz durch das Logg bestimmt wird; dazu kommt die Abtrift durch den herrschenden Wind, die auf Schätzung beruht; wie ungenau schon die Schätzung von Windrichtung und Stärke auf einem in Fahrt befindlichen Segelschiff ist, zeigt Mohn an einem einfachen Beispiel[1]). Bei schlechtem Wetter können manchesmal die Mittagspositionen zwei oder mehrere Tage hindurch nicht astronomisch bestimmt werden, so daß bei wechselndem Kurs und veränderlicher Stromrichtung die Versetzung noch unzuverlässigere Werte ergibt. Krümmel[2]) will deshalb Stromversetzungen von weniger als sechs Seemeilen im Etmal ganz ausscheiden, besonders da der mittlere Fehler einer astronomischen Ortsbestimmung auf See[3]) etwa fünf Seemeilen beträgt. Ebenso stehen die Oberfläche, die der Schiffskörper einer Strömung entgegensetzt, sowie die Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit von Schiff und Strom in Abhängigkeit voneinander; zur praktischen Behandlung dieser Frage fehlt es aber vorläufig noch an genügendem Beobachtungsmaterial.

[1]) Mohn, Grundzüge der Meteorologie. 1883, S. 146.

[2]) Krümmel, Allgem. Meeresforschung, in Neumayers Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen. II. Band, 1906, S. 589 (mit Karte der Strömungen).

[3]) Hoffmann, Zur Mechanik der Meeresströmungen. Berlin 1884, S. 25 ff.

In dieser Arbeit ist der Versuch unternommen worden, die Stromversetzungen zwischen 30 und 50° südlicher Breite und 0 und 180° östlicher Länge zu behandeln, und zwar für die Monate Oktober 1901 bis März 1904. Es ist dies die Zeit der drei großen Südpolarexpeditionen. Die deutsche auf dem Schiffe „Gauß" hatte Kapstadt im Dezember 1901 verlassen und in demselben Monat auf der von Neumayer vorgeschlagenen Route die Kerguelen-Inseln[4]) erreicht, um von hier aus den Vorstoß nach Süden zu unternehmen. Die Zeit vom 1. Oktober 1901 bis zum 31. März 1903 war von der internationalen meteorologischen Kooperation für ständige Beobachtungen gewählt worden. Alle Staaten, die südlich vom 30. Parallel Festlandstationen hatten, und alle Staaten und Reedereien, deren Schiffe in diesen Gewässern während der Dauer der Terminzeit fuhren, hatten sich verpflichtet, nach vereinbartem Muster Aufzeichnungen meteorologischer Art zu machen. Von den Journalen der deutschen Schiffe, die der Seewarte übergeben waren, hatte Dr. Mecking als Mitarbeiter des wissenschaftlichen Bureaus der Gauß-Expedition Auszüge angefertigt, und von diesen Auszügen standen dem Verfasser die mitaufgenommenen Notizen über die Stromversetzungen durch das gütige Entgegenkommen des Expeditionsleiters, Prof. von Drygalski, zur Verfügung.

Für den Segelschiffverkehr[5]) im behandelten Gebiet kommen hauptsächlich die Ausreisen der deutschen Schiffe nach Ostafrika, Indien, China und Australien in Betracht. Die Schiffe, die vom Kanal kommend die Linie passieren, etwa bei St. Paul, halten sich hart an der südamerikanischen Küste und wenden sich erst auf 25° s. Br. und 30° westl. Länge nach Westen, um mit Hilfe der sogenannten „braven Westwinde" ihre Längen abzulaufen; sie gehen südlich von Tristan da Cunha entlang und folgen dann ungefähr dem 40. Breitenkreise. Südlich vom Kap laufen die Routen auseinander; ein kleiner Teil geht nördlich nach Sansibar und anderen Häfen der ostafrikanischen Küste; die weitaus meisten suchen die indischen Häfen Bombay, Kalkutta

---

[4]) Schlüter, Über die Aussprache des Namens Kerguelen. Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin 1902, S. 64—65.

[5]) Schott, Die Verkehrswege der transozeanischen Segelschiffahrt in der Gegenwart. Zeitschr. Ges. f. Erdk. Berlin 1895, Bd. 30 (Sonder-Abdruck).

auf, andere die chinesischen, besonders Hongkong. Der Rest bleibt auf dem 40. Parallel; es sind die Schiffe, die nach Australien, Adelaide, Sidney, und nach der Südsee, an Neuseeland vorbei nach Samoa, gehen. Während die Ausreisenden das Kap meiden, suchen die Heimkehrenden, vornehmlich die hinterindischen Reisfahrer, das Kap in möglichst kurzem Bogen zu umfahren; sie schneiden den 30. Parallel südlich von Madagaskar; von ihnen rühren die meisten Angaben in der Nähe des afrikanischen Kontinents zwischen 30 und 35° s. Br. her.

Die Reisedauer für das südindische Gebiet zwischen 0 und 180° östl. Länge beträgt durchschnittlich 45 Tage für die Australien- und Südseefahrer. Die Dampfschiffahrt kommt für den südlichen Teil weniger in Frage. Es sind zunächst die regelmäßigen Postdampferlinien nach Kapstadt und Ostafrika und zurück, die sich aber in Küstennähe halten. Auf der Fahrt nach Australien verkehren kleinere Dampfer von etwa 4 bis 5000 Register-Tons mit verhältnismäßig schwachen Maschinen, die selten mehr als 10 Seemeilen leisten. Wegen der geringen Zahl der von ihnen vorhandenen Strommitteilungen sind sie von den Segelschiffen in der vorliegenden Arbeit nicht getrennt worden. Aus- und Heimreisen finden fast das ganze Jahr hindurch statt; jahreszeitliche Schwankungen sind nur in geringem Maße vorhanden.

Nach Fertigstellung der Auszüge wurden zunächst alle Beobachtungen ausgeschieden, die sich als gar zu unzuverlässig herausstellten, soweit es bei der schon vorher erfolgten Kritik der Journale noch notwendig war, oder die aus nicht sorgfältig genug geführten Tagebüchern stammten, soweit sich das nachträglich noch beurteilen ließ.

Um eine Übersicht und ein vergleichbares Bild für die einzelnen Zeitabschnitte zu gewinnen, wurden Vierteljahrskarten entworfen, die die Monate Dezember bis Februar, März bis Mai, Juni bis August und September bis November vereinigten. Die graphische Darstellung erfolgte in ähnlicher Art wie im „Atlas der Stromversetzungen"[6]), aber unter Fortlassung der

[6]) Auf den wichtigsten Dampferwegen im Indischen Ozean und in den ostasiatischen Gewässern, herausgegeben von der Deutschen Seewarte. Hamburg 1905.

„Stromstillen" und der Angabe nach Prozenten der Gesamtbeobachtungen und mit Einbeziehung sämtlicher Angaben, auch derer von weniger als 6 Seemeilen im Etmal. Die Auszüge, die vom Bureau der Deutschen Südpolar-Expedition gemacht worden waren, dienten ja in erster Linie den Zwecken der maritimen Meteorologie; die Strombeobachtungen waren mit den oben schon erwähnten Einschränkungen aufgenommen worden, so daß man durchaus nicht in allen Fällen, wo keine Stromversetzung eingetragen war, auf eine fehlende Notierung schließen durfte. Stichproben ergaben, daß ungefähr 40 vom Hundert der überhaupt vorhandenen Beobachtungstage keine Stromangaben enthielten. Versetzungen von weniger als sechs Seemeilen wurden mit verarbeitet, wenn die Journalführung einwandfrei zu sein schien; in zweifelhaften Fällen wurden sie fortgelassen. Es zeigte sich bei der Zusammenstellung des Materials, daß die Ergebnisse nur ganz geringe Änderungen durch das gänzliche Ausscheiden dieser Gruppe erfuhren; es handelte sich meist nur um Richtungsabweichungen von höchstens drei Bogengraden, und auch auf die Durchschnittsgeschwindigkeit übte sie keinen merklichen Einfluß aus; im allgemeinen enthielten 10 bis 15 Angaben nur ein oder zwei und mehr als 20 Angaben im Höchstfalle vier unter sechs Seemeilen; von Wert wurden sie aber in Gradfeldern, die nur wenig besetzt waren, so daß möglichst alles mitgenommen werden mußte, um ein Bild zu gewinnen. Die Umrechnung nach Prozenten der Gesamtzahl wurde unterlassen, weil aus diesen Zahlen nicht zu ersehen ist, aus wieviel einzelnen Mitteilungen sie entstanden sind, was aber für die Kritik oft wertvoll ist.

Es war ferner eine Reduzierung auf die sechzehn Hauptstriche der Windrose notwendig. Alle Stromversetzungen von N 11° W bis N 11° E wurden als N, von N 12° E bis N 34° E als NNE, von N 35° E bis N 56° E als NE, von N 57° E bis N 78° E als ENE, von N 79° E bis S 79° E als E zusammengefaßt und dementsprechend ebenso für die anderen Quadranten. Die Pfeile wurden nun so gezeichnet, daß sie alle vom Mittelpunkt des Feldes ausgingen; die Anzahl der Seemeilen ergab sich aus der Länge des Pfeiles nach einem vorher bestimmten Maßstab; fielen mehrere in dieselbe Richtung, so wurde aus

der Summe der Seemeilen das Mittel gebildet und durch Häkchen an der Spitze des Pfeiles die Anzahl der Beobachtungen markiert, aus denen Richtung und Länge entstanden waren.

Diese Vierteljahrskarten ließen zwar in großen Zügen schon Gesetzmäßigkeiten erkennen, wenigstens an besonders deutlichen Stellen, wie an der Südostküste Afrikas. Vereinigten sich aber zehn oder ja sechzehn Strompfeile zu einem Stern, der vielleicht aus 48 Einzelangaben entstanden war, so konnte nur schwer eine Hauptrichtung erkannt werden. Es galt also, eine Resultante zu konstruieren. Man kann die zu einem Stern vereinigten Stromversetzungen als Kräfte auffassen, die alle auf einen Punkt wirken und sich nach dem Satze vom Parallelogramm der Kräfte zu einer Resultierenden vereinigen lassen. Rechnerisch ist diese Aufgabe mit der Lambertschen Windformel zu lösen, aber schneller und mit gleichem Ergebnis führt die einfache Konstruktion zum Ziele. Man vereinigt die Nord- und Nordostrichtung durch ein Parallelogramm zu einer Richtungslinie, diese mit dem nächsten, z. B. dem ENE-Pfeile zu einer zweiten und so fort; die letzte Resultierende gibt dann nach Richtung und Stärke die Gesamtsumme aller auf den einen Mittelpunkt wirksamen Kräfte an. Die beigegebene Tafel enthält die auf diese Weise gezeichneten Resultanten für die vier Vierteljahre. Die Richtung ist rechtweisend; in der Länge entspricht ein Millimeter einer Seemeile. Die einzelnen Vierteljahre sind durch verschiedene Strichformen voneinander getrennt.

Strompfeile, die aus einer größeren oder kleineren Anzahl von Beobachtungen hervorgegangen sind, können nicht alle gleichwertig sein; eine Resultante aus zwölf Richtlinien mit 36 Beobachtungen kann eine andere Bewertung beanspruchen als eine solche von drei oder nur einer Beobachtung. Ebenso gibt eine Resultante zwar die durchschnittliche Größe der Versetzungen eines Fünfgradfeldes, aber keinen Anhalt zur Beurteilung der Größe der Einzelnotierungen; sie kann bei einer Länge von zehn Seemeilen aus drei Versetzungen von 72, 60 und 25 Seemeilen hervorgegangen sein, die in verschiedenster Richtung aufeinander wirkten und sich zu einer verhältnismäßig so kleinen Gesamtstärke vereinigten. Um also auch nach dieser

Seite einen Anhalt für die Abschätzung zu bieten, sind in der folgenden Tabelle I für jedes Fünfgradfeld und für jedes Vierteljahr die Summe der verarbeiteten Beobachtungen sowie die größte und die kleinste Besteckversetzung angegeben. Dadurch fallen eine Anzahl von Strompfeilen nicht so sehr ins Gewicht, wie es vielleicht nach ihrer Längenausdehnung sein müßte. Durch diese Zusammenstellung ist auch eine Übersicht zu gewinnen über die Verteilung der Beobachtungen; das Maximum liegt im ersten Vierteljahr, und zwar zwischen 40 und 45 Grad Breite; im allgemeinen sind zwischen 35 und 45° die meisten Angaben vorhanden.

Bei der Zusammenfassung der einzelnen Strompfeile mit Hilfe des Parallelogramms erhält man neben der Gesamtrichtung für das Fünfgradfeld auch die mittlere Stromgeschwindigkeit. Eine Übersicht für die einzelnen Vierteljahre ist in der Tabelle II gegeben; sie enthält neben der Zahl der bearbeiteten Beobachtungen die resultierende Stromgeschwindigkeit und die mittlere Geschwindigkeit für den ganzen Zeitraum. Eine solche Zusammenstellung ist ähnlichen Nachteilen unterworfen wie die für die Richtungen; man muß deshalb die einzelnen Gruppen betrachten und sie zu einem Gesamtbilde zu vereinen suchen. Um eine etwas bessere Übersicht der Verteilung der Stromstärken auf die einzelnen Vierteljahre zu erhalten, seien hier in Prozenten der Beobachtungen die Stromstärken von 1 bis 5, 6 bis 9 und von 10 und mehr Seemeilen im Etmal angegeben:

		1—5 Sm.	6—9 Sm.	10 und mehr Sm.	6 und mehr Sm.
1. Vierteljahr:	Dez. bis Febr.:	34,4 %	38,8 %	26,8 %	65,6 %
2. -	März - Mai:	26,7	30,0	43,3	73,3
3. -	Juni - Aug.:	36,3	25,0	38,7	63,7
4. -	Sept. - Nov.:	28,0	34,4	37,6	72,0

Das Maximum der Beobachtungen von 6 und mehr Seemeilen sowie das von 10 und darüber liegt im 2. Vierteljahr, das auch wegen der ungünstigen Witterungsverhältnisse zur Ausreise von den Südseefahrern gern gemieden wird; es hat dementsprechend auch die geringste Beobachtungszeit.

Bei der Betrachtung der Übersichtskarte der Stromversetzungen selbst ergeben sich leicht vier größere Gruppen,

Tabelle I. **Zusammenstellung der**

Von den senkrechten Spalten jedes Feldes bedeutet die erste: die Anzahl der Beobachtu
in Sm; von den wagerechten Zeilen enthält die erste die Angaben für Dezember bis Feb

Breite	0–5			5–10			10–15			15–20			20–25			25–	
30–35		—		1.	34.	—	13.	28.	2.	33.	27.	3.	19.	33.	2.	19.	57.
	4.	33.	4.	4.	31.	8.	6.	22.	2.	27.	28.	5.	18.	87.	3.	20.	76.
		—		1.	27.	—	10.	26.	5.	24.	42.	3.	12.	26.	4.	15.	55.
	1.	24.	—	4.	21.	12.	14.	32.	13.	22.	39.	3.	7.	51.	3.	19.	59.
35–40	6.	28.	7.	4.	24.	7.	4.	32.	6.	12.	35.	6.	28.	61.	3.	24.	63.
	12.	36.	7.	9.	31.	4.	7.	29.	10.	26.	48.	3.	37.	95.	5.	22.	60.
	12.	36.	7.	8.	29.	4.	11.	40.	5.	12.	31.	7.	22.	62.	3.	19.	40.
	12.	27.	3.	7.	27.	2.	7.	30.	4.	15.	37.	10.	38.	68.	3.	23.	56.
40–45	7.	21.	5.	11.	48.	3.	11.	40.	2.	13.	16.	2.	10.	25.	2.	15.	33.
	4.	20.	9.	2.	19.	17.	7.	21.	4.	6.	38.	9.	10.	54.	6.	17.	36.
	3.	25.	15.	7.	46.	5.	5.	56.	5.	9.	28.	5.	6.	24.	5.	7.	26.
	8.	35.	3.	13.	15.	7.	13.	36.	10.	8.	34.	6.	7.	36.	8.	9.	42.
45–50	2.	28.	14.		—		1.	13.	—	1.	14.	—	4.	26.	6.	5.	34.
		—			—			—			—		1.	19.	—	1.	16.
		—			—			—			—			—		1.	16.
	1.	28.	—	1.	13.	—	2.	17.	15.	1.	12.	—	2.	34.	12.		—

Breite	60–65			65–70			70–75			75–80			80–85			85–	
30–35		—			—		3.	15.	9.	3.	18.	14.	6.	31.	11.	2.	10.
	1.	33.	—	1.	4.	—		—			—		1.	14.	—		—
	8.	40.	3.	1.	24.	—	3.	29.	14.	1.	4.	—	1.	8.	—	3.	15.
		—		1.	30.	—		—			—			—			—
35–40		—		3.	21.	9.	6.	19.	6.	3.	27.	14.	4.	19.	14.	7.	18.
	3.	21.	11.	4.	34.	13.	5.	21.	6.	4.	33.	12.	2.	11.	7.	6.	44.
	2.	10.	9.	12.	42.	2.	13.	33.	4.	14.	27.	2.	11.	25.	8.	7.	25.
	3.	15.	9.	8.	24.	8.	10.	24.	6.	12.	46.	6.	12.	27.	8.	12.	30.
40–45	21.	37.	5.	16.	42.	2.	19.	25.	3.	15.	51.	3.	20.	38.	6.	20.	24.
	21.	36.	3.	16.	38.	7.	15.	34.	5.	11.	34.	13.	10.	29.	8.	9.	26.
	9.	52.	3.	13.	24.	7.	11.	31.	4.	9.	78.	5.	10.	29.	6.	6.	46.
	18.	19.	6.	12.	27.	6.	14.	37.	8.	11.	49.	13.	16.	28.	7.	11.	33.
45–50	14.	30.	5.	11.	29.	9.	8.	36.	14.	12.	38.	5.	10.	29.	6.	11.	29.
	3.	24.	11.	9.	38.	8.	5.	49.	10.	3.	25.	10.	4.	22.	9.	2.	22.
	5.	33.	10.	1.	30.	—	5.	35.	15.	2.	18.	16.	2.	23.	11.	2.	26.
	4.	16.	7.	2.	31.	10.	4.	15.	8.	5.	24.	3.	7.	28.	4.	3.	33.
50–55							1.	6.	—	2.	12.	9.				1.	17.
55–60																	

ungen für jedes Fünfgradfeld. *Tabelle I.*

zweite den größten, die dritte den kleinsten beobachteten Wert der Stromversetzungen weite für März bis Mai, dann für Juni bis August und die vierte für September bis November.

	75.	7.	12.	47.	8.	3.	9.	2.	4.	15.	7.	4.	29.	7.	4.	32.	11.	30
	67.	3.	12.	28.	9.	1.	10.	—	1.	20.	—		—			—		
.	47.	4.	7.	30.	8.	6.	24.	7.	3.	19.	10.	3.	21.	8.	4.	34.	4.	
.	36.	5.	4.	21.	13.	1.	10.	—		—			—			—		
.	38.	9.	10.	22.	6.	5.	23.	9.	5.	40.	9.	3.	19.	18.	1.	9.	—	35
.	39.	3.	11.	54.	7.	7.	29.	11.	7.	32.	11.	4.	33.	17.	4.	32.	14.	
.	62.	2.	8.	51.	13.	9.	25.	3.	5.	20.	5.	3.	21.	13.	10.	31.	4.	
.	39.	6.	14.	23.	5.	11.	71.	5.	6.	26.	2.	5.	25.	4.	2.	22.	10.	
.	26.	2.	28.	33.	2.	24.	39.	3.	28.	43.	6.	19.	39.	6.	21.	23.	2.	40
.	26.	7.	22.	39.	7.	20.	29.	2.	17.	45.	2	13.	52.	11.	16.	36.	4.	
.	48.	4.	15.	29.	4.	9.	42.	9.	9.	50.	2.	11.	39.	4.	14.	52.	6.	
.	53.	7.	18.	36.	2.	13.	24.	2.	12.	81.	7.	11.	56.	3.	12.	44.	7.	
.	19.	11.	4.	47.	5.	7.	36.	5.	9.	22.	6.	8.	34.	5.	9.	44.	11.	45
.	19.	—	1.	13.	—	1.	25.	—	4.	40.	10.	3.	24.	8.	6.	29.	2.	
.	10.	—		—			—		1.	22.	—	2.	15.	15.		—		
.	2.	—	1.	13.	—	2.	29.	11.	1.	14.	—	5.	25.	21.	2.	15.	6.	
		35			40			45			50			55			60	50

2.	12.	8.	5.	13.	4.	16.	23.	5.	17.	37.	4.	34.	30.	6.	8.	35.	6.	30
6.	15.	5.	7.	22.	6.	7.	22.	6.	6.	29.	3.	12.	36.	3.		—		
4.	21.	7.	3.	36.	7.	12.	49.	6.	11.	57.	5.	22.	32.	5.	3.	16.	10.	
1.	18.	—		—		7.	14.	8.	13.	32.	9.	36.	36.	3.	2.	23.	17.	
0.	23.	8.	9.	33.	8.	6.	22.	9.	8.	31.	5.	12.	25.	3.	24.	30.	4.	35
3.	10.	3.	3.	26.	9.	8.	27.	3.	4.	18.	5.	4.	26.	7.	14.	26.	2.	
4.	19.	2.	11.	38.	4.	13.	24.	3.	10.	26.	2.	4.	16.	10.	10.	22.	3.	
4.	29.	4.	20.	19.	4.	13.	16.	4.	10.	21.	2.	8.	22.	6.	17.	31.	8.	
1.	18.	2.	10.	35.	6.	9.	29.	2.	11.	31.	4.	9.	26.	10.	17.	53.	6.	40
3.	27.	7.	7.	48.	7.	8.	27.	3.	6.	36.	6.	8.	28.	9.	9.	110.	7.	
3.	32.	8.	6.	50.	2.	5.	35.	8.	6.	63.	13.	10.	50.	5.	7.	39.	4.	
1.	26.	9.	14.	29.	9.	6.	32.	6.	4.	14.	6.	10.	43.	4.	6.	27.	4.	
3.	29.	5.	14.	29.	2.	14.	47.	2.	13.	36.	3.	17.	47.	6.	10.	25.	6.	45
1.	35.	8.	7.	31.	2.	7.	30.	4.	7.	35.	5.	4.	71.	9.	6.	59.	5.	
5.	23.	12.	3.	19.	6.	2.	25.	10.	1.	14.	—	4.	61.	19.	5.	34.	14.	
4.	24.	15.	4.	28.	6.	2.	19.	15.		—		2.	12.	—	6.	39.	4.	
						1.	36.	—	1.	13.	—	1.	3.	—				50
																		55
		95			100			105			110			115			120	60

	120			125			130			135			140			145			
30	1.	5.	—	1.	7.	—	2.	19.	6.		—			—			—		
		—		6.	29.	3.		—			—			—			—		
	4.	19.	2.		—		1.	18.	—		—			—			—		
		—		1.	4.	—	1.	10.	—		—			—			—		
35	27.	30.	2.	38.	48.	3.	48.	34.	3.	25.	31.	7.	11.	20.	4.	4.	29.	[illegible]	
	11.	19.	3.	11.	20.	2.	22.	22.	6.	15.	32.	2.	5.	15.	7.	4.	11.	[illegible]	
	9.	28.	3.	19.	30.	4.	15.	24.	3.	11.	38.	3.	7.	17.	6.	7.	20.	[illegible]	
	28.	18.	5.	27.	20.	4.	29.	25.	4.	15.	35.	6.	4.	15.	3.	9.	21.	[illegible]	
40	19.	27.	3.	19.	30.	2.	15.	17.	3.	19.	27.	2.	18.	42.	5.	7.	45.	[illegible]	
	13.	50.	3.	3.	24.	11.	10.	30.	5.	13.	26.	4.	13.	44.	4.	9.	47.	[illegible]	
	12.	53.	4.	9.	23.	8.	9.	53.	5.	7.	38.	7.	8.	40.	4.	5.	30.	[illegible]	
	8.	19.	2.	8.	17.	5.	7.	17.	5.	11.	40.	7.	7.	21.	2.	7.	29.	[illegible]	
45	6.	18.	7.	7.	36.	6.	6.	74?	3.	3.	24.	16.	3.	28.	10.	7.	23.	[illegible]	
	11.	35.	6.	10.	36.	2.	8.	32.	2.	9.	28.	5.	10.	25.	3.	7.	35.	[illegible]	
	3.	26.	17.	2.	33.	26.		—			—		2.	24.	18.	4.	35.	[illegible]	
	6.	24.	8.	6.	63.	8.	3.	21.	8.	4.	21.	7.	6.	24.	7.	5.	21.	[illegible]	
50																			
55																			
60																			

die zur besseren Trennung durch Linien voneinander abgegrenzt sind: das Gebiet des Agulhasstroms und die Teile südlich von Afrika, das Gebiet zwischen den Crozetinseln und 100° östl. L., die Gegenden südlich von Australien und die bei Neuseeland.

Die auffallendste und gewiß auch interessanteste Erscheinung von allen Stromfiguren ist der Agulhasstrom, der als Fortsetzung des Mozambiquestromes an der Ostküste Afrikas entlang in südwestlicher Richtung fließt und durch seine großen Geschwindigkeiten bei seinem Zusammentreffen mit der Westwindtrift Veranlassung zu den bekannten Verzweigungen des kalten und warmen Wassers gibt. Ihm gehören die größten

45.	2.	19.	55.	4.	5.	20.	5.	2.	13.	10.	2.	9.	8.	1.	6.	—	30
56.	3.	14.	43.	4.	7.	30.	4.	4.	22.	8.	3.	21.	15.	4.	24.	5.	
47.	4.	12.	69.	10.	7.	57.	5.	5.	47.	9.	6.	30.	7.	2.	21.	11.	
27.	7.	17.	50.	4.	4.	43.	8.	3.	16.	8.	4.	29.	3.	1.	3.	—	
65.	10.	11.	31.	8.	3.	15.	2.	2.	15.	8.	1.	23.	—		—		35
42.	6.	5.	34.	11.	1.	1.	—		—			—			—		
42.	7.	4.	14.	6.	1.	25.	—	2.	27.	24.	3.	25.	4.	2.	23.	6.	
33.	10.	4.	30.	11.	4.	17.	4.		—			—		2.	16.	13.	
19.	6.	7.	20.	5.	6.	28.	6	1.	13.	—		—			—		40
63.	3.	7.	27.	15.		—			—			—		1.	14.	—	
—		3.	15.	5.	1.	14.	—		—			—			—		
18.	3.	2.	20.	12.	5.	27.	6.		—			—			—		
17.	16.	2.	36.	5.	13.	28.	4.	5.	47.	10.	4.	20.	10.	4.	13.	5.	45
24.	9.	4.	32.	10.	4.	20.	16.	5.	51.	2.	2.	18.	7.	1.	20.	—	
27.	13.	2.	19.	11.		—		1.	25.	—	6.	21.	9.	3.	23.	8.	
20.	5.	8.	35.	7.	7.	35.	8.	3.	23.	10.	2.	18.	14.	5.	28.	12.	
											1.	22.	—	2.	17.	12.	50
								1.	11.	—	1.	23.	—	2.	9.	4.	
					1.	27.	—				2.	29.	7.	2.	25.	8.	
34.	—																55
	155			160			165			170			175			180	60

auf der Karte verzeichneten Stromversetzungen an: bis zu 95 Seemeilen im Etmal, südlich vom Kap der guten Hoffnung, im April bestimmt. Seine mittleren Geschwindigkeiten sind 13 bis 23 Seemeilen; sie schwanken in den einzelnen Vierteljahren zwischen 9 und 25 Seemeilen.

Aber nicht zu allen Jahreszeiten ist seine Wirkung gleich; aus der Karte geht deutlich hervor, daß er im Südsommer, vom Juni bis zum November, weiter nach Westen bis 15° östl. L. sich erstreckt, während er im Südwinter nur bis 20° östl. L. gelangt. Dem entsprechen auch die mittleren Geschwindigkeiten, die sich im Sommer zwischen 19 und 25, im Winter

Tabelle II. *Tabelle II.*

In jedem Fünfgradfeld bedeutet die erste Vertikalspalte die Zahl der Beobachtungen, die zweite gibt die mittlere Geschwindigkeit in Seemeilen für die einzelnen Vierteljahre und die dritte die mittlere Geschwindigkeit in Seemeilen im Durchschnitt für die ganze Beobachtungszeit.

30	Dez.—Febr.	—	—		1	17		13	6		33	6		19	2		19	17		19	20		12	9		3	6	
	März—Mai	4	13	19	4	14	16	6	2	8	27	5	5,5	18	14	7	20	20	23	24	12	13	12	5	8	1	10	9
	Juni—Aug.	—	—		1	27		10	15		24	5		12	5		15	25		16	11		7	9		6	11	
	Sept.—Nov.	1	24		4	7		14	8		22	6		7	8		19	30		27	9		4	8		1	10	
35	Dez.—Febr.	6	5		4	11		4	8		12	2		28	10		24	1		20	5		10	14		5	3	
	März—Mai	12	8	7	9	7	6	7	5	6,5	26	6	6	37	12	13	22	8	5	23	4	3	11	14	10	7	16	8
	Juni—Aug.	12	6		8	3		11	7		12	7		22	10		19	6		18	2		8	2		9	5	
	Sept.—Nov.	12	8		7	2		7	6		15	8		38	20		23	6		13	2		14	10		11	8	
40	Dez.—Febr.	7	3		11	4		11	7		13	6		10	6		15	8		19	7		28	4		2	8	
	März—Mai	4	5	6	2	8	7	7	8	11	6	13	7	10	7	5,5	17	11	10	14	2	4	22	3	5	20	7	7
	Juni—Aug.	3	8		7	9		5	10		9	2		6	3		7	9		11	2		15	4		9	8	
	Sept.—Nov.	8	7		13	7		13	18		8	8		7	6		9	12		12	5		18	8		13	6	
45	Dez.—Febr.	2	10		—	—		1	13		1	14		4	10		5	11		3	4		4	12		7	13	
	März—Mai	—	—	19	—	—	13	—	—	10	—	—	13	1	19	14	1	16	14	1	19	9	1	13	13	1	25	18
	Juni—Aug.	—	—		—	—		—	—		—	—		—	—		1	16		1	10		—	—		—	—	
	Sept.—Nov.	1	28		1	13		2	8		1	12		2	23		—	—		1	2		1	13		2	17	
50	Dez.—Febr.																											
	März—Mai																											
	Juni—Aug.																											
	Sept.—Nov.																											
55																												
60																												

		45–50			50–55			55–60			60–65			65–70			70–75			75–80			80–85			85–90		
30–35	Dez.—Febr.	4	10		4	11		4	9		—	—		—	—		3	13		3	11		6	3		2	2	
	März—Mai	1	20	16	—	—	9	—	—	7	1	33	19	1	4	19	—	—	14	—	—	8	1	14	8	—	—	4
	Juni—Aug.	3	18		3	7		4	5		8	5		1	24		3	14		1	4		1	8		3	5	
	Sept.—Nov.	—	—		—	—		—	—		—	—		1	30		—	—		—	—		—	—		—	—	
35–40	Dez.—Febr.	5	13		3	5		1	9		—	—		3	9		6	6		3	6		4	8		7	4	
	März—Mai	7	18	11	4	20	13	4	8	10	2	9	8	4	24	14,5	5	12	8	4	15	10	2	18	12	6	7	6
	Juni—Aug.	5	6		3	15		10	12		2	5		12	10		13	12		14	11		11	12		7	3	
	Sept.—Nov.	6	6		5	12		2	12		3	10		8	15		10	3		12	7		12	10		12	9	
40–45	Dez.—Febr.	28	7		19	5		21	3		21	8		16	12		19	12		15	11		20	11		20	8	
	März—Mai	17	6	11	13	15	10	16	12	6,5	21	6	6	16	12	11	15	11	9	11	12	13	10	17	10,5	9	7	7
	Juni—Aug.	9	12		11	9		14	7		9	2		3	5		11	9		9	24		10	11		6	6	
	Sept.—Nov.	12	19		11	10		12	4		18	8		12	15		14	4		11	4		16	3		11	6	
45–50	Dez.—Febr.	9	5		8	9		9	10		14	11		11	8		8	15		12	9		10	8		11	8	
	März—Mai	4	11	13	3	21	12,5	6	7	8	3	10	8	9	12	17,5	5	23	12	3	8	10,5	4	11	8	2	25	14,5
	Juni—Aug.	1	22		2	6		—	—		5	2		1	30		5	5		2	4		2	9		2	13	
	Sept.—Nov.	1	14		5	14		2	6		4	9		2	20		4	4		5	21		7	5		3	12	
50–55	Dez.—Febr.																1	6		2	4					1	17	
	März—Mai																—	—	6	—	—	4				—	—	17
	Juni—Aug.																—	—		—	—					—	—	
	Sept.—Nov.																—	—		—	—					—	—	
55–60														Dez.—Febr.			1	12										

(Fortsetzung von Tabelle II.)

		90–95		95–100		100–105		105–110		110–115		115–120		120–125		125–130		130–135	
30–35	Dez.—Febr.	2 6	8,5	5 7	10	16 5	3,5	17 2	5,5	34 3	3,5	8 7	15	1 5	4	1 7	5	2 6	10
	März—Mai	6 4		7 3		9 2		6 5		12 2		— —		— —		6 3		— —	
	Juni—Aug.	4 18		3 20		12 3		11 4		22 4		3 10		4 3		— —		1 18	
	Sept.—Nov.	1 6		— —		7 4		13 11		36 5		2 28		— —		1 4		1 7	
35–40	Dez.—Febr.	10 6	5	9 12	5,5	6 2	4	8 4	4	12 4	7	24 4	5	27 1	4	38 2	4	48 2	4
	März—Mai	3 9		3 2		8 6		4 9		4 10		14 2		11 5		11 6		22 5	
	Juni—Aug.	14 4		11 6		13 5		10 2		4 11		10 4		9 5		19 5		15 5	
	Sept.—Nov.	14 2		20 2		13 3		10 2		8 2		17 11		28 5		27 3		29 3	
40–45	Dez.—Febr.	11 2	6,5	10 7	11	9 6	7,5	11 5	8	9 8	6,5	17 16	11	19 4	6	19 2	4	15 2	6
	März—Mai	8 7		7 15		8 13		6 11		8 5		9 16		13 2		3 7		10 4	
	Juni—Aug.	13 6		6 16		5 5		6 13		10 11		7 7		12 . 6		9 4		9 9	
	Sept.—Nov.	11 11		14 7		6 6		4 4		10 2		6 6		8 11		8 3		7 8	
45–50	Dez.—Febr.	13 3	7	14 5	7	14 9	14	13 9	10	17 10	10	10 6	9	6 7	9	7 8	12	6 13	8
	März—Mai	11 4		7 10		7 15		7 7		4 7		6 10		11 13		10 7		8 5	
	Juni—Aug.	5 10		3 4		2 16		1 14		4 10		5 9		3 9		2 21		— —	
	Sept.—Nov.	4 11		4 10		2 17		— —		2 12		6 10		6 8		6 9		3 6	
50–55	Dez.—Febr.					1 36	36	1 13	13	1 3	3								
	März—Mai					— —		— —		— —									
	Juni—Aug.					— —		— —		— —									
	Sept.—Nov.					— —		— —		— —									
55–60																			

Breite	Jahreszeit	135–140		140–145		145–150		150–155		155–160		160–165		165–170		170–175		175–180	
30–35	Dez.—Febr.							17 8		19 2		5 6		2 10		2 8		1 6	
	März—Mai							19 5	8	14 5	3	7 6	9	4 13	9	3 14	9,5	4 10	8
	Juni—Aug.							6 9		12 5		7 9		5 7		6 4		2 14	
	Sept.—Nov.							8 10		17 1		4 14		3 6		4 12		1 3	
35–40	Dez.—Febr.	25 4		11 4		4 12		10 10		11 5		3 9		2 9		1 23		— —	
	März—Mai	15 5	5	5 9	5	4 4	7	26 3	7	5 8	5	1 1	12	— —	17	— —	16	— —	12
	Juni—Aug.	11 7		7 2		7 3		16 3		4 4		1 25		2 25		3 10		2 10	
	Sept.—Nov.	15 4		4 6		9 8		13 12		4 3		4 12		— —		— —		2 14	
40–45	Dez.—Febr.	19 5		18 15		7 10		11 8		7 6		6 5		1 13				— —	
	März—Mai	13 3	4	13 6	7,5	9 7	11	11 7	7	7 7	7	— —	10	— —	13			1 14	14
	Juni—Aug.	7 6		8 4		5 17		— —		3 10		1 14		— —				— —	
	Sept.—Nov.	11 6		7 5		7 10		5 5		2 5		5 10		— —				— —	
45–50	Dez.—Febr.	3 3		3 8		7 4		2 8		2 15		13 4		5 4		4 9		4 9	
	März—Mai	9 5	5	10 8	9	7 12	10	5 4	9	4 9	9,5	4 15	8	5 9	16,5	2 9	10	1 20	16
	Juni—Aug.	— —		2 12		4 15		4 9		2 8		— —		1 25		6 7		3 13	
	Sept.—Nov.	4 8		6 8		5 8		5 14		8 6		7 5		3 18		2 14		5 12	
50–55	Dez.—Febr.											— —		— —		1 22		2 13	
	März—Mai											— —	27	1 11	11	1 23	20	2 7	10
	Juni—Aug.											— —		— —		— —		— —	
	Sept.—Nov.											1 27		— —		2 14		2 10	
55–60						März—Mai		1 34	34										

nur zwischen 12 und 20 Sm. bewegen. Das Gradfeld zwischen 15 und 20° Ost und 35 und 40° Süd ist das Gebiet wechselnder Stromrichtungen, während das benachbarte östliche nur westliche Komponenten enthält. Die Gesamtrichtung für Juni bis August ging aus Versetzungen hervor, die zum größten Teile in der nordwestlichen Ecke des Feldes vorhanden waren, so daß sie nur scheinbar aus der Gesamtrichtung herausfallen.

Die Westwindtrift, die den ganzen südlichen Teil des Ozeans von 35° Süd an beherrscht, und durch deren Einwirkung der Agulhasstrom seine Umbiegung erleidet, beeinflußt auch die Felder von 0 bis 15° Ost; ein Teil der Trift zweigt nach Norden ab, um als Westafrikaströmung den Kreislauf des Wassers im Atlantischen Ozean auf dieser Seite zu schließen. Die eine südliche Versetzung zwischen 5 und 10° Ost und 30 bis 35° Süd geht aus nur einer Beobachtung hervor und wurde von einem Segelschiff gemacht, das den Kurs N 60° W angelegt hatte; sie ist also keine Ausnahme, wie es auf der Karte zu sein scheint. Der Westafrikastrom folgt im allgemeinen den Perioden des Agulhasstromes; je weiter dieser nach Westen vordringt, desto eher biegt jener nach Norden aus, und im Südsommer dringt er in seiner ursprünglichen Richtung weiter nach Osten vor, um dann erst seine Wendung nach Norden auszuführen.

Auch die Westwindtrift, die den ganzen Südatlantischen Ozean durchflossen hat, folgt dieser Periode, wenn man den Agulhasstrom als die treibende Kraft dieser Strombewegungen ansehen will. Während sich ein Zweig an der afrikanischen Küste entlangzieht, setzt der Hauptstrom seinen Weg nach Osten fort, aber im Südwinter mit einer stärkeren südlichen Komponente als im Südsommer. Besonders auffallend ist diese Erscheinung zwischen 40 und 50° Süd von 20° Ost an. An dieser Stelle tritt die Abhängigkeit der Wasserbewegung von der vorherrschenden Windrichtung in die Erscheinung. Durch die Verlegung des barometrischen Maximums im Juli nach dem afrikanischen Kontinente zu erfahren die Westwinde eine starke südwestliche Ablenkung, und so zeigen auch die Stromversetzungen die Neigung, im Südwinter dieser Ablenkung zu folgen. Im Sommer dagegen besteht eine entschiedene Richtungsänderung nach Ost bis Nordost, entsprechend den mehr nach diesem Quadranten zu wehenden Winden. In dem Gradfeld der

Prinz Eduard-Inseln und in dem östlich anschließenden gingen die Strompfeile für Dezember bis Februar aus vier und sieben Beobachtungen hervor, und ihre Richtung ist Ostnordost.

Die Stromgeschwindigkeiten in dem Gebiete südlich und westlich von Afrika sind ziemlich konstant. Die mittleren Stärken des Westafrikastromes schwanken zwischen 0 und 10° Ost und 30 bis 35° Süd zwischen 16 und 19 Seemeilen; näher der Küste, wo die Wirkungen der Gezeitenströmungen und die Abschwächungen durch die Agulhasbank eintreten, betragen sie nur 10 Seemeilen; doch kommen im Juni bis August größere Geschwindigkeiten, von 15 bis 27 Seemeilen, bei besonders günstiger Kursrichtung der Schiffe vor, wodurch die vorwärtstreibende Stromrichtung ihre Wirksamkeit zu erhöhen vermag. Die Westwindtrift bewegt sich mit 6 bis 11 Seemeilen im Etmal; zwischen 45 und 50° Süd herrschen größere Stärken, die indessen nur aus wenigen Beobachtungen hervorgegangen sind; vor allem in den Sommermonaten, wo auch die Windstärken viel größer sind als im Winter, treten Stromstärken bis zu 19 Seemeilen auf. Eine allgemeine Zunahme der Geschwindigkeit beginnt dann wieder bei den Prinz Eduard-Inseln und östlich davon, wo die Westwindtrift den Widerstand des Agulhasstroms überwunden hat und den südlichen Indischen Ozean betritt. Auffallend sind in der Karte die geringen Versetzungen von 30 bis 40° Ost und 40 bis 50° Süd; die Einzelaufzeichnungen sind großen Schwankungen unterworfen: von 10 bis 53 Seemeilen. Daß die Mittel aus den Beobachtungen so relativ kleine Werte ergeben, findet seinen Grund in den wechselnden Richtungen der Versetzungen, je nach dem Kurs, den die Schiffe einhielten. Gerade die nach Westen zurückkehrenden, die von Stürmen oft südlicher gedrängt werden, beeinträchtigen durch weniger genaue Strombeobachtungen das Ergebnis; aus Einzeluntersuchungen folgt auch für dieses Gebiet eine mittlere Geschwindigkeit von 10 bis 14 Seemeilen und vorherrschende östliche Versetzung.

Die zweite große Stromgruppe, die auf der Karte abgegrenzt ist, zwischen 40 und 100° Ost, zeigt zwei Stromfiguren: den Madagaskarstrom, der sich an der Ostküste dieser Insel von dem Äquatorialstrom abzweigt, und die Westwindtrift, die den Kreislauf des Wassers im Indischen Ozean im Süden abschließt.

Zwischen 45 und 50° Ost bewegt sich das Wasser des Madagaskarstromes mit 10 bis 15 Seemeilen zunächst in südsüdwestlicher bis südwestlicher Richtung, um dann, von dem umbiegenden Agulhasstrom beeinflußt, zwischen 35 und 40° Süd eine mehr südliche bis südöstliche Richtung einzunehmen. Seine Geschwindigkeit ist zu allen Jahreszeiten ziemlich konstant. Von 40 bis 45° Ost herrschen recht wechselnde Richtungen; es ist hier die Zwischenzone, in der keine stark ausgeprägte Strömung zur Geltung kommen kann. Im Südwinter, wenn der Agulhasstrom weiter nach Westen vordringt, scheint auch der Madagaskarstrom seinen Einfluß auf die Ostbewegung des Wassers weiter nach Süden geltend zu machen als im Sommer, wo er schon bei 40° Süd nach Osten umlenkt und sich mit der Westwindtrift vereinigt. Im Winter sind seine Geschwindigkeiten auch erheblich größer als im Sommer; sie kommen bis auf 16 Seemeilen, im Sommer dagegen nur bis 10 im Durchschnitt.

Den größten Raum dieses Meeresteiles nimmt die Westwindtrift ein; sie ist hier die vorherrschende und auffallendste Bewegung. Die Übersichtskarte zeigt zu allen Jahreszeiten eine starke nordöstlich gerichtete Komponente, im Südsommer mehr nördlich, im Südwinter mehr östlich. Es ist dies um so auffallender, da die langjährigen Beobachtungen ein Vorherrschen der Westnordwestwinde in diesem ganzen Gebiete bewiesen haben. Es werden also hier zur Bildung der Stromfiguren noch andere Faktoren als nur die Windrichtung hinzukommen. Betrachten wir die Karte genauer: im Sommer herrschen die nordöstlichen Stromrichtungen entschieden vor; es sind nur wenige, meist aus ein oder zwei Beobachtungen hervorgegangene Strompfeile, die abweichen. Im Südwinter dagegen zeigt sich schon bei den Crozetinseln eine südliche Bewegung; diese südliche Richtung läßt sich durch alle sechs Wintermonate hindurch verfolgen. Wenn Pettersson auf Grund seiner Erfahrungen im Nordmeer neben dem Wind die Dichteunterschiede, die durch das Abschmelzen des Eises hervorgerufen werden, als Hauptfaktor für die Bildung der Stromfiguren bezeichnet, so trifft das für dieses südliche Gebiet in noch verstärktem Maße zu. Wenn der Sommer die Eismassen der Antarktis zum Schmelzen bringt, werden große Mengen Schmelzwassers frei; wie groß sie sind, entzieht sich vorläufig freilich jeder Schätzung; daß sie

aber vorhanden sind, hat Schott im Sommer 1891 durch Temperaturmessungen genügend festgestellt; zwischen 10 und 70° Ost fand er 16 abwechselnd warme und kalte Bänder von 170 bis 850 km Breite. In den Breiten von 60° an südwärts haben alle Polarexpeditionen bisher übereinstimmend Winde von südlicher bis östlicher Richtung, und zwar konstante Luftbewegungen, beobachtet, die also auch das Schmelzwasser, wenigstens an der Oberfläche, nordwärts treiben. Kommt dieses Wasser nun in das Gebiet der Westwindtrift, so ist es durchaus annehmbar, daß es die östliche Bewegung beeinflußt und ihm eine mehr nördliche Richtung gibt. Als neues Moment tritt dann noch die Ausgleichnotwendigkeit für das im Äquatorialgürtel ständig westwärts gedrängte Wasser hinzu, so daß der Kreislauf im Süden durch die Westwindtrift abgeschlossen wird. Im Südwinter zeigt sich auf der Karte ein häufiges Abströmen des Wassers nach Südosten. Wenn der heftige antarktische Winter das Wasser in Fesseln schlägt, kann die WNW-Richtung der „braven Westwinde“ wieder mehr zur Geltung kommen, und so wäre das Abfließen des Wassers nach südlichen Gegenden in dieser Jahreszeit verständlich.

Die mittleren Geschwindigkeiten in diesem Teile des Ozeans betragen 8 bis 12 Seemeilen im Etmal; Einzelbeobachtungen ergaben bis zu 30 Seemeilen. In südlichen Breiten sind die Geschwindigkeiten etwas größer, weil nach der Mitte des Kreislaufes zu die Bewegung auch langsamer werden muß als am Rande.

Der dritte Abschnitt, die Teile im Süden und Südwesten Australiens, lassen drei besondere, aber in engster Wechselwirkung zueinander stehende Stromfiguren erkennen: die Fortsetzung der Westwindtrift, ihre nördliche Abzweigung, die man als Westaustralstrom bezeichnet, und das Küstengebiet.

Bei Kap Leeuwin tritt eine Zweiteilung des Oststroms ein; während der Hauptstrom seinen Weg östlich fortsetzt, biegt ein Teil nach Norden ab, um an der australischen Küste entlang zu fließen und später als Äquatorialstrom den Kreislauf des Wassers im Indischen Ozean abzuschließen. Die Nordbewegung tritt im Südsommer früher ein als im Winter. Bei 85° Ost vom Dezember bis Mai herrschen bis 45° Süd die nordöstlichen

Richtungen vor, während für den Südwinter 100° Ost die Grenzlinie bildet.

Die Geschwindigkeiten geben recht wechselnde Werte. Zwischen 100 und 115° Ost und 30 bis 40° Süd kommen im Durchschnitt nur 4 bis 6 Seemeilen auf ein Etmal; westlicher ist die Geschwindigkeit erheblich größer, 8 bis 10 Seemeilen in 24 Stunden. Unmittelbar an der Küste geben sowohl Richtungen wie Geschwindigkeiten wegen des wechselnden Kurses der Schiffe kein einwandfreies Bild; auch wird die Wasserbewegung durch Gezeiten ungünstig beeinflußt.

Die Stromtrennung zwischen Westwindtrift und Westaustralstrom tritt im Sommer schon weiter westlich auf, zwischen 95 und 100°, was wohl ebenfalls mit dem schon oben angedeuteten Fehlen der Zuflüsse aus antarktischen Gewässern während der Wintermonate zusammenzuhängen scheint, so daß also im Winter in diesem Übergangsgebiet stärkere südliche Versetzungen vorherrschen. Auffallend ist im Verlaufe der Westwindtrift südlich von Australien die zu allen Jahreszeiten vorhandene starke südliche Komponente, die schon bei 40° s. Br. beginnt und zwischen 45 und 50° Süd oft südsüdwestliche Richtungen annimmt. Für diese eigentümliche Erscheinung kommen zwei Gründe in Frage: die vorherrschende Windrichtung und die vorgeschobene Lage Tasmaniens.

Ein Vergleich mit den Karten der Windverhältnisse in den Segelhandbüchern der Deutschen Seewarte läßt diesen Erklärungsversuch noch deutlicher hervortreten. Von 115° östl. Länge an beginnt schon die bestimmte Ablenkung der Westwinde, die weiter nach Osten zu mehr und mehr zu Westnordwest- und Nordwestwinden werden; im Sommer wehen sie von 35° Süd an mit 9 bis 12 mps., während sie im Winter erst von 42° Süd diese Stärken aufweisen und von der Küste bis 42° Süd nur 6—9 mps. haben; zugleich zeigt aber auch die Windkarte, daß hier bei 45° Süd eine starke südliche Luftströmung vorhanden ist, so daß hierin auch gleich eine Deutung für den Kreislauf des Wassers an der Küste zu finden ist. Gerade im Sommer zeigen die Stromversetzungen im Küstengebiete vorwiegend westliche Richtungen, die bei Kap Leeuwin in südwestliche und südliche übergehen, so daß wir es hier mit einem scheinbar in sich geschlossenen kleineren Stromkreis zu tun haben. Aber auch Tasmanien und

die angrenzenden Meeresteile von weniger als 200 m Tiefe bieten dem Oststrom ein Hindernis, so daß er nicht nur zu einer mehr südlichen Bewegung gezwungen wird, sondern einen Teil seines Wassers, den er nicht durch die Baßstraße hindurchzwängen kann, rückläufig an der australischen Küste nach Westen führen muß; durch Gezeiteneinfluß und Windrichtung wird diese Bewegung unterstützt und regelmäßiger gemacht.

Im Sommer, wo die Trennung von Westwindtrift und Westaustralstrom schon westlicher beginnt, dehnt sich auch die rückläufige Bewegung des Küstenstromes weiter nach Westen aus; im Winter dagegen bildet der 115. Meridian die Grenzlinie. Die mittleren Geschwindigkeiten sind bei der Küstenströmung gering; sie betragen nur 4 bis 5 Seemeilen im Etmal. Bei Kap Leeuwin läuft der Strom mit etwa 10 bis 13 Seemeilen. Die Westwindtrift bewegt sich dagegen mit 6 bis 10 Seemeilen; im Süden läuft sie schneller als im Norden; bei ihrem Eintritt in die australischen Gewässer erreicht sie bis zu 14 Seemeilen; das Maximum beträgt 24 Seemeilen in 24 Stunden. Der ganz abweichende WNW-Pfeil zwischen 125 und 135° östl. L. und 45 bis 50° s. Br. stammt aus zwei Augustbeobachtungen eines Schiffes von N 26 und SW 33 Seemeilen, das bei schwerem NE um Tasmanien herumfahren wollte.

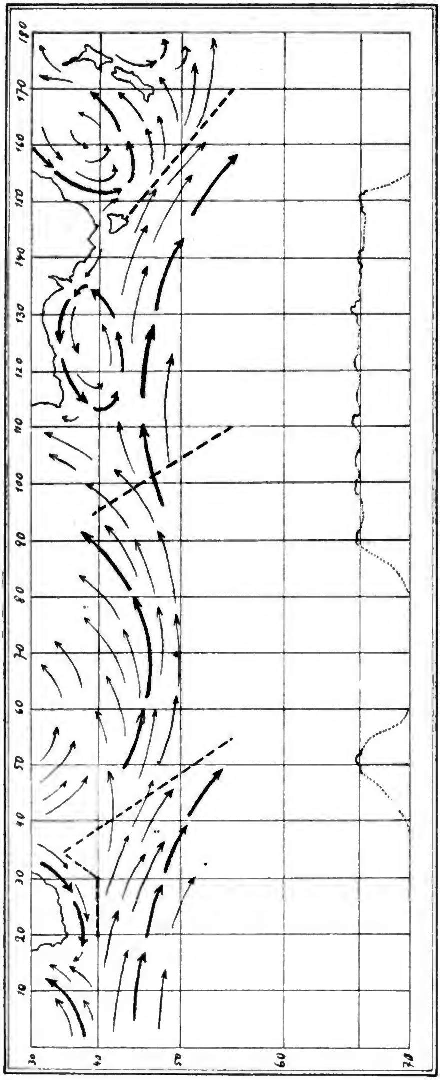
Die letzte der hier zu behandelnden Stromgruppen liegt in den Meeresteilen zwischen Australien und Neuseeland. Die Wasserbewegung wird hier gekennzeichnet durch zwei Strömungen: den Ostaustralstrom, der als ein südlicher Zweig der großen pazifischen Äquatorialströmung zu betrachten ist, und dem Oststrom, der bei Neuseeland in das Gebiet des pazifischen Ozeans eintritt, um in seinem weiteren Laufe, nach Amerika zu, den Atlantischen und dann wieder den Indischen Ozean zu erreichen. Die Zahl der zur Verfügung stehenden Beobachtungen ist hier recht gering, vor allem bei Neuseeland selbst. Nur wenige Schiffe besuchen diese Gegend, um eine der Inseln des Stillen Ozeans zu gewinnen oder nach einem der westamerikanischen Häfen zu gelangen; demnach müssen auch die Ergebnisse vorsichtig verwandt werden.

Jahreszeitliche Unterschiede lassen sich hier nicht so scharf herausheben, doch scheint sich im allgemeinen das folgende Bild zu ergeben. Vom Dezember bis Februar ist der Verlauf

der Versetzungen am regelmäßigsten. Zwischen 45 und 50° s. Br. setzt der Strom von ENE bis NE; von 40 bis 45° s. Br. findet eine spiralförmige Drehung statt, eine Art Wirbelbewegung. Der von Norden kommende Strom trifft etwa auf 40° s. Br. mit dem anderen zusammen, der nach West und Ost ausbiegen muß. Der östliche geht an der neuseeländischen Küste entlang und wendet sich zur Cook-Straße, der andere kehrt nach Tasmanien zurück und fließt nach Süden ab. Zwischen 30 und 35° s. Br. reicht der Einfluß des Ostaustralstromes bis 165° östl. L., zwischen 35 und 40° nur bis zum 160. Grad. Im März, April und Mai ist das Bild insofern anders, als der Australstrom sich dichter an der Küste hält und zwischen Tasmanien und Neuseeland östliche Versetzungen überwiegen. Vom Juni bis August decken sich die Angaben zum Teil mit denen des Januars. Für September bis November ist im Felde zwischen 155 und 160° östl. L. und 35 bis 40° s. Br. die nach NW laufende Resultante von drei Seemeilen aus vier Beobachtungen entstanden, und zwar im September und Oktober: NW 30, NNW 16, SSE 11 und SE 22 Seemeilen; die Angabe NW 30 Seemeilen ist wenig zuverlässig; nach ihrer Weglassung würde man eine südöstliche Resultante von 17 Seemeilen erhalten, die sich dem Gesamtbilde anpaßt. Der Ostaustralstrom scheint im Oktober weiter nach Süden zu setzen als in den anderen Monaten. Nördlich von Neuseeland überwiegen nordöstliche Versetzungen; es ergibt sich eine Stromteilung, die ihre Erklärung erst aus der östlichen Fortsetzung der Karte über den 180. Grad hinaus finden wird.

Die mittleren Stromgeschwindigkeiten schwanken beim Ostaustralstrom zwischen 7 und 11 Seemeilen; an der Küste sind sie größer (bis zu 12 Seemeilen). Der Oststrom fließt durchschnittlich mit 9 bis 10 Seemeilen; nur südlich von Neuseeland erreicht er einmal 25 Seemeilen; die Einzelbeobachtungen sind großen Schwankungen unterworfen. Südlich von 50° Süd treten Versetzungen bis zu 27 Seemeilen auf, die indessen wenig zuverlässig sind.

Auf dem in den Text gedruckten Kärtchen ist durch einfache Striche und Linien eine zusammenfassende Übersicht des Stromverlaufes im Jahresdurchschnitt gegeben. Die Westwindtrift erscheint hier nicht als ein breites Band, das parallel den



Übersicht über die Stromverhältnisse des südlichen Indischen Ozeans im Jahresdurchschnitt.

Breitenkreisen den ganzen Ozean durchzieht, sondern bei Afrika und bei Australien südlich, in der Mitte des Ozeans nördlich abbiegt. Es herrscht hier eine gewisse Übereinstimmung mit den Windrichtungen, wie sie z. B. in einer recht übersichtlichen Karte im Atlas of Meteorology[1]) für Januar und Februar und für Juli und August zusammengestellt sind. Die jahreszeitlichen Schwankungen der Stromfiguren finden hier ein Gegenstück in den Änderungen der Windrichtungen. Im Südsommer liegt der Kern des Luftdruckmaximums im östlichen Teile des Indischen Ozeans und wandert dann westlich, bis er im Südwinter in der Nähe des afrikanischen Kontinents angelangt ist; dementsprechend ändern sich auch die Windrichtungen und mit ihnen die Oberflächenbewegung des Wassers: im Südsommer mehr nördlich, im Südwinter mehr südlich, aber stets um einen Kern im mittleren Indischen Ozean herum. Am deutlichsten tritt dies südlich von Afrika in die Erscheinung, wo die englische Karte im Winter besonders bei 30 bis 40° östlicher Länge fast NNW-Wind verzeichnet, und wo die Stromfiguren sich dieser Richtung anpassen. Aber auch im australischen Küstengebiet, in dem kleinen Stromkreise, herrscht diese Übereinstimmung, so daß die Annahme, daß der Wind in erster Linie die Stromfiguren bestimmt, dadurch eine neue Stütze erhält.

Die Richtungsänderungen der Westwindtrift geben Anlaß zu einem freilich sehr kühnen Erklärungsversuch. Über dem antarktischen Kontinent — wenn es erlaubt ist, diesen Ausdruck beizubehalten — liegt ein Luftdruckmaximum, zu dem die Luft in den oberen Schichten der Atmosphäre von einem Wulst hohen Luftdrucks am Äquator hinströmt; da sich die Erdkugel polwärts verjüngt, erleidet die Luft durch die Verengung ihrer Wirkungsfläche eine Verdichtung; für diese Vorgänge gibt die Merkartorkarte ein unrichtiges Bild; die Kugelkalotten von 30° bis zu den Polen sind nur wenig größer als die Zone von 30° N. bis 30° S., und der 37. Parallelkreis hat nur $^4/_5$ der Äquatorlänge. Über dem Pole sinken die Luftmassen herab; beim Abfließen in meridionaler Richtung verlieren sie mehr und mehr von ihrer relativen Geschwindigkeit gegenüber der Erdrotation; während sie also in höheren Breiten als Ostwind auftreten, müssen sie

[1]) Bartholomew's Physical Atlas, Vol. III, London 1899, Tafel 14.

nach Überschreitung einer neutralen Zone zwischen beiden Gebieten allmählich in westliche Richtung übergeben. Das Ozeanwasser kann von dieser Bewegung nicht unbeeinflußt bleiben, und so ist anzunehmen, daß der Westwindtrift mit Ostströmung eine Ostwindtrift mit entgegengesetzter, also westlicher Stromrichtung entspricht, hart am Rande der Antarktis entlang; daß diese Osttrift vorhanden ist, dafür sprechen wohl die westlich gerichteten Triften des „Gauß“ und z. T. auch der „Belgica“. Wir hätten also zwei Stromkreise, konzentrisch um den Südkontinent gelagert, von entgegengesetzter Richtung und zwischen beiden, entsprechend der Luftbewegung, eine „neutrale“ oder Mischungszone mit nicht scharf hervortretender Richtung. Die Ausbuchtungen der Westwindtrift mit südlicher Richtung wären dann ähnliche Abzweigungen, wie sie z. B. der Golfstrom nach der englischen Küste entsendet.

Aber noch eine andere Vermutung liegt nahe: ein selbständiger Stromkreis, der das Wasser von Australien nach Viktoria-Land, dann an der antarktischen Küste entlang nach Westen zurückführt bis zur westantarktischen Ostküste, wo zwischen Graham-Land und Südamerika der starke Kap Hoorn-Strom diesen antarktischen Teil an sich zieht und wieder nach Osten entführt. Diesem atlantisch-indischen Kreise könnte dann ein zweiter im Stillen Ozean entsprechen: Von der Westküste der Westantarktis, wo bei Kap Hoorn ein Teil der großen Trift nach Süden abgedrängt wird durch das starke Zusammenpressen der Wassermassen, an der pazifischen Küste entlang weiter bis King Edward-Land, wo sich der Kreis durch Vereinigung mit der Westwindtrift nördlich wieder schließt, indem der südaustralische Teil der Trift diesen pazifischen durch größere Stärke an sich zieht. Bei der großen Tiefe der südlichen Teile der Ozeane könnte ein solcher Kreislauf sich wohl herausbilden. Auch die Eisfreiheit des Roß-Meeres würde durch solche Anordnung der Strömungen ebenso wie die des Weddell-Meeres eine Erklärung finden können.

Wenn auch der Wind gewiß die Hauptursache der Strombewegung ist, so sind für die Vertikalzirkulation Temperatur- und Salzgehaltsunterschiede von ebenso großer Bedeutung; sie können eine dritte Erklärungsmöglichkeit, vielleicht die wahrscheinlichste von allen, geben. Bei dem Niederschlagreichtum

der Antarktis, der völligen Vergletscherung ihrer Küsten, der ständigen Bewegung der Eismassen nach Norden, deren jährliche Geschwindigkeit zwischen 120 m am Gaußberg und 400 m bei Viktoria-Land schwankt, werden große Mengen von Schmelzwassern frei, die nach Norden als kaltes Tiefenwasser abfließen. Nun zeigt es sich, daß z. B. im europäischen Nordmeer einer wärmeren Oberflächenströmung eine entgegengerichtete kältere Unterströmung entspricht. Die Temperaturen der Westwindtrift sind erheblich höher als die der Schmelzwasser, und die nach Süden gerichteten Abzweigungen könnten demnach als Kompensationsströme betrachtet werden, die zum Ausgleich von Temperatur und Dichte beitragen, also ein südliches Zufließen des Wassers in den oberen und ein nördliches Abfließen in den unteren Schichten, unterstützt oder geregelt durch die Luftbewegungen.

Aus den Stromversetzungen allein wird aber südlich des 50. Grades, zumal bei den äußerst geringen Angaben der wenigen Schiffe, die, durch Ungunst der Witterung gezwungen, diese Breiten überschreiten, kaum Klarheit geschaffen werden können. Es wird eine der Aufgaben künftiger Polarexpeditionen sein, durch zahlreiche mit Tieflotungen verbundene Temperatur- und Dichtebestimmungen neben der Strombeobachtung zur Lösung dieser Fragen beizutragen.

Inhaltsübersicht.

Lebenslauf.

Ich, Karl Christoph Alfred Booß, evangelischer Konfession, wurde am 26. Mai 1881 in Berlin als Sohn des Kaufmanns Paul Booß und seiner Ehefrau Bertha, geb. Mühle, geboren; ich besuchte das Sophien-Real-Gymnasium in meiner Vaterstadt von Ostern 1887 bis Michaelis 1901 und studierte dann an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin erst Geschichte und wandte mich dann der Geographie zu. Die Promotionsprüfung bestand ich am 24. Juli 1907.

Die Vorlesungen folgender Herren habe ich besucht:

v. Bezold (†), Breysig, Delbrück, Dessoir, v. Drygalski, Harnack, Hellmann, Hintze, Jastrow, Lenz, Ed. Meyer, Meinardus, Münch, Paulsen, Penck, v. Richthofen, Roethe, D. Schäfer, E. Schmidt, Sieglin, Stumpf, Wagner; an ihren Seminaren und Übungen ließen mich teilnehmen die Herren v. Bezold, Lenz, Penck, Roloff, Sternfeld, v. Richthofen.

Herrn Professor v. Drygalski bin ich für die Anregung und Herrn Professor Penck für die Förderung, die sie meiner Arbeit zu Teil werden ließen, zu besonderem Danke verpflichtet.

DATE DUE			